

# 国际空间和对地观测发展战略新动向\*

高峰 安培浚

(中国科学院国家科学图书馆兰州分馆, 中国科学院资源环境科学信息中心, 兰州 730000)

**摘要:** 对美国、俄罗斯、日本、加拿大等国以及国际对地观测组织和欧空局近期的空间和对地观测发展战略和计划进行了概要介绍, 包括美国对地观测组织近期的对地观测活动, NASA2006-2015 年科学研究战略, 俄罗斯 2006-2015 年对地观测卫星计划, 日本的《JAXA 2025》, 实现加拿大健康、安全和繁荣的联邦对地观测战略, 国际对地观测组织 2007-2009 工作计划以及欧空局的生命行星计划面临新的科学挑战。在以上介绍的基础上对国际空间技术的发展动向进行了简要的分析。

**关键词:** 空间技术, 对地观测, 卫星, 计划

## 1 引言

空间和对地观测技术是涉及航天、光电、物理、计算机、信息科学等诸多学科和应用领域的尖端综合性技术。观测地球的平台包括地面遥感车、气球、飞艇、飞机(航空、航天)、卫星等。各种平台相互配合使用, 实现对地球陆地、大气、海洋的立体、实时的观测和动态监测, 提供宏观、准确、综合、连续多样的地球表面信息和数据, 改变了人类获取地球系统数据和对地球系统的认知方式, 对科技创新起到基础性支撑作用。利用空间和对地观测新技术, 人类不仅可以开展气象预报、资源勘探、环境监测、农作物估产、土地利用分类等工作, 还可以预报沙尘暴、旱涝、火山、地震、泥石流等自然灾害、人类活动引起的其他灾害以及研究太阳系的演化等。目前对地观测技术已得到了长足发展, 空间分辨率正在以每 10 年一个数量级的速度提高, 高分辨率、超高分辨率信息已经成为 21 世纪前 10 年新一代遥感卫星空间分辨率的基本发展方向<sup>[1]</sup>。对同一地面目标进行重复观测的时间间隔日益缩短, 具有中空间分辨率的遥感卫星的重复观测周期已经小于 1 天; 卫星所携带的传感器工作波段覆盖了自可见光、红外到微波的全波段范围; 波段数已达数十甚至数百个, 微波遥感的波长范围从 1mm~100cm, 差分干涉测量精度可达厘米~毫米级, 实现了全天时、全天候的对地观测。在 2004 年第 4 期 *Nature* 杂志上发表的文章“Mapping opportunities”, 文中指出, 美国劳动部将地球空间技术(Geo-technology)与纳米技术和生物技术一起誉为 21 世纪三大前沿科技领域, 它因此也成为当前世界为数不多的高速增长的新兴产业之一<sup>[2]</sup>。

当前空间和对地观测技术领域, 形成了既竞争又合作的发展格局<sup>[3]</sup>, 各主要空间技术大国及其空间开发机构纷纷推出新的战略和计划, 显示其未来空间和对地观测技术的发展态势。作为高技术领域之一, 各个国家都欲占据这一技术高地, 因此空间和对地观测技术领域的竞争永远是今后发展的主题。同时, 由于全球环境变化的客观要求, 作为监测和研究全球环境变化的重要手段, 又要求各个国家在这一领域的高度合作。四次国际对地观测峰会的召开以及全球综合地球观测系统(GEOSS)的确立, 使全球对地观测活动走向更广泛和更有

---

\*基金项目: 中科院知识创新工程重要方向项目“资源与海洋、生态与环境创新基地战略研究与科学评价”(KZCX2-YW-501)

作者简介: 高峰(1965—), 男, 博士, 研究员, 主要从事大气海洋与地球科学技术情报研究

效的国际合作<sup>[4]</sup>。

## 2 美国空间与对地观测发展战略新动向

### 2.1 美国近期对地观测计划

2005 年,在美国地球观测组织(USGEO)的资助下,美国 15 个联邦部门以及美国国家海洋大气局(NOAA)、美国国家航空航天局(NASA)和白宫科学技术办公室(OSTP)联合启动了美国集成地球观测系统战略计划(IEOS)。该计划是以服务于美国观测系统的目标和需求以及全球综合地球观测系统为宗旨。

USGEO 于 2007 年 3 月发布了《美国对地观测系统的进展和建议》报告<sup>[5]</sup>,提出了美国对地观测系统近期面临的机遇和当前所取得的进展。

美国对地观测近期计划与美国集成地球观测系统战略计划相一致,强调满足国家优先需要的 5 个观测系统和体系构建及数据管理系统。

#### (1) 体系构建和数据管理(在进行中)

为了有效地集成跨学科、机构、时间和空间尺度的广阔而多样的地球观测,需要一个全面的、综合的数据管理和通讯策略。数据管理是上面所说的以任务为导向的近期计划和所有其他地球观测利益的关键部分。

#### (2) 加强对减灾的观测(2006 年 9 月发表)

为了全面认识从观测系统得到的利益,必须对加工的产品信息通过有效的预警系统和网络向需求的最终用户和公众发布。为了强调地球观测系统对综合的、端到端的减灾框架的需要,加强减灾观测近期计划,着重对两个高风险区(美国太平洋沿岸各州和墨西哥海湾)开展相关研究。

从这些成功的示范计划中可以认识到在灾难和天气方面涉及到的社会利益:实时的地震信息传递可以实现快速紧急反应;加强海啸和沿海洪水预警能力;对火山喷发的迅速发现可确保航空的安全;为泥石流和山崩等快速影响的区域提供早期预警系统模型。除了多灾害示范工程之外,该计划还强调集成地震和海岸洪水观测系统,以弥补全国范围内陆基观测网络的关键缺口和高分辨率数字地形以提供全天候气象影像、监测表面形变和确定洪水范围的需要。

#### (3) 国家集成干旱信息系统(2006 年 9 月发表)

为了充分掌握旱灾情况,西部州长协会(WGA)在 2004 年组建了特别小组并提出了创建 21 世纪旱灾早期预警系统——国家集成旱灾信息系统(NIDIS)。NIDIS 近期计划是建立西部州长协会(WGA)文件中提出的商业需求,并集中于快速而有效地解决关键缺口问题,包括:通过观测已有的频率、时限和密度等基本的环境变量来提高对干旱的监视、评估和预测;通过国家、州、当地部门和非国家团体,NIDIS 用户群体能够很容易地集成干旱相关的数据和信息; NIDIS 运营办公室负责在国家部门内外整合信息系统相关工作的开展、执行和维护。

#### (4) 空气质量评估和预报系统(2006 年 9 月发表)

新的观测和信息技术以及对大气过程的观测,为有效地解决空气质量问题创造了机遇。空气质量评估和预报系统近期计划和其他几个方面一样,协调已有的和计划的系统,以发展集成数据、模型产品及服务,包括集成来自多种类型观测系统和模型信息的常规空气质量领域的产品。这项计划还打算把空气质量观测引入模型中去,使空气质量决策者和计划者能更有效地防止未来的问题,同时也能维持重要的经济状况。这项计划的产品和服务也对大多数社会利益方面提供次一级的效益,包括天气预报的提高和对气候变化的理解、对农业和能源部

门更有效的管理，以及对海洋和生态系统更好的保护。

(5) 全球陆地观测系统（在进行中）

陆地观测特别是基于空间中分辨率数据，例如由地球资源卫星所提供的数据，在美国和全世界的政府、商业、工业、民间、军事和教育界都得到了广泛使用。在其他社会效益方面，该计划能减少灾难中生命和财产的损失，并提高对环境因子对人类健康的理解。这些数据提供了土地利用变化和自然及人类活动影响的历史记载。34 年的全球地球资源卫星观测记录对科学界来说是无价的，它提供了理解陆地覆盖/陆地利用和全球气候变化的关系。

USGEO 支持扩大来自空间中分辨率观测的用处和提高其效益的活动。这些活动包括：对来自于陆地卫星及其它陆地成像卫星 5 年的、校正卫星成像原始数据的获取和分类；中分辨率和陆地覆盖数据库的发展；30 m 分辨率的农业用地的土地覆盖数据集。与 2000 年开始使用的 Landsat-7 的数据相对比，5 年的全球数据集将提供测量变化的基线。

近期活动将首先放在美国农业用地的绘制。作为这些任务的一部分，参与全球陆地观测系统将设法提高进入已有的中分辨率数据集和 USGEO 于 2007 新出现的数据集。

(6) 海平面观测系统（在进行中）

一个集成的海平面观测系统将提供准确的、及时的海面变率观测，对预测和减轻自然灾害、监控和理解全球和区域尺度的海平面与气候变率是至关重要的。此外，这个观测系统与极具活力的模型发展紧密联系，将为用户提供海平面变化的信息，例如：海洋热量的膨胀与收缩、冰川冰盖的增长与收缩、陆地水以及海岸地区陆地的运动（上升与下沉）。

2.2 NASA 科学项目理事会 2007—2016 年科学计划

2006 年 4 月 19 日，美国国家航空航天局科学项目理事会（SMD）发布了 2007—2016 年的工作计划草案<sup>[6]</sup>。

NASA 在其 2006 年战略计划中简明阐述了该机构三个部分的任务：成为未来空间探索、科学发现和航空研究中的先驱。在科学领域，NASA 的工作重点放在那些进入太空能够促进新的科学发展或者提高现有的科学水平的学科上。NASA 指定 SMD 的责任是确定、规划和监督 NASA 的空间和地球科学计划。SMD 将其工作分成 4 个主要的科学领域，每个领域都由理事会中的一个分部管理，分别落实 NASA 战略计划中的 4 个子科学目标。

表 1 列出了四个方面的科学问题和研究目标。表中的科学问题的来源是各个科学领域的共同目标，而这些领域又是 NRC 报告原始资料的出处。研究目标是一种长期结果，于 2006 年在 NASA 战略计划中提出。

表 1 科学问题及其研究目标

科学领域	科学问题	研究目标
地球科学 从太空中研究 行星地球，促 进人们科学的 理解地球系 统，满足社会 的需求	<ul style="list-style-type: none"><li>• 地球系统是如何变化的？</li><li>• 地球系统发生变化的主要原因是什么？</li><li>• 地球系统是如何响应自然及人类诱发的变化？</li><li>• 人类文明的后果是什么？</li><li>• 地球系统今后将发生怎样的变化？</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 了解并提高与大气成分变化相关的臭氧层、气候强迫及空气质量变化的预测能力</li><li>• 提高气候及极端气候事件的预测能力</li><li>• 量化全球陆地覆盖变化及陆地和海洋的生产力，改善碳循环和生态系统建模的能力</li><li>• 量化重点水库及全球水循环的通量、改善水循环变化及可用淡水资源模型</li><li>• 了解气候系统中海洋、大气和冰川的作用，提高对其</li></ul>

		未来演化的预测能力 • 描述并了解地球表面的变化及地球重力和磁场的多样性 • 扩大和加速实现由地球系统科学给社会带来的利益
<b>行星科学</b> 推动太阳系的起源和历史、其他地方生命存在的可能性及人类探索太空时存在的风险和资源的知识的发展	• 太阳系行星家族及小天体的起源？ • 太阳系是如何演化成目前的多元化状态的？ • 太阳系能够导致生命起源的特征是什么？ • 地球上的生命是如何开始的、又是如何进化的，并且在太阳系中进化到每个角落？ • 太阳系环境中影响人类向太空扩张的风险和资源是什么？	• 了解太阳系行星家族及更小团体是如何起源和演化的 • 了解决定太阳系及人类居住环境前景的历史进程，包括地球生物圈的起源和进化、火星及其他星球在生命产生前化学的特征和范围 • 确定并调查火星或者其他星球上过去或现存的居住环境，并确定在太阳系是否有生命在地球以外的其他星球上存在 • 探索太空环境，找出对人类可能构成威胁的风险，并寻找能够维持人类生存的资源
<b>太阳物理学：</b> 了解太阳及其对地球和太阳系的影响	• 太阳为何会发生变化并且是如何发生变化的？ • 地球和行星系统是如何作出反应的？ • 对人类的影响是什么？	• 了解从太阳到地球、到其他行星及之外的星体到星际介质之间的空间环境中存在的中重要的物理过程 • 了解太阳的可变形及行星磁场是如何对人类社会、技术体系及行星的居住环境产生影响的 • 开发出预测太空中的极端条件和动力条件的能力，以最大限度的保证人类和机器人探测器的安全和生产力
<b>天体物理学：</b> 寻找宇宙的起源、结构、演化及其命运，并寻找与地球相似的行星	• 宇宙的起源、演化和命运是怎样的？ • 行星、恒星、星系及宇宙结构是如何产生的？ • 生命及宇宙的基础何时产生、又是怎样产生的？ • 其他星球有生命的存在吗？	• 了解宇宙的起源和命数、黑洞现象以及重力的本质 • 了解第一批恒星和星系是如何形成的，并且了解随着时间的推移他们又是怎样烟花成现存宇宙中的样子 • 了解个别恒星是如何形成的，这些过程最终又是如何影响行星系统形成的 • 对太阳系以外的行星进行普查并测试它们的性能

要回答这些科学问题就要求 NASA 及其合作伙伴实施全面的研究计划。这些计划的构成包括科学研究和分析、太空飞行任务、轨道飞行任务、野外实验、数据管理、计算机建模和先进技术的发展。

表 2 列出了地球科学领域 2016 年之前的任务（卫星），涵盖了 2007 年 1 月到 2016 年 12 月 NASA 将发起、涉及、发展、启动或者开始运行的空间地球科学任务，其他三个领域的任务不在此列出。

**表 2 地球科学重点任务**

任务	优先权基本原理
NPOESS 预研项目【2009】 战略任务——系统测定	要求地球观测系统和 NPOESS 之间一些重要的气候观测具有连续性。实施 NPOESS1994 年总统决策令的有关指示。NPOESS 综合项目办公室的合作任务。
陆地卫星数据的连续性使命 (LDCM)【2010】 战略任务——系统测定	要求长期的全球陆地覆盖变化的数据具有连续性：业务机构对后 LDCM 陆地图像的需求在规划中。受 1992 年《大地遥感政策法案》委托。与 USGS 合作的任务
海洋表面地形图任务 (OSTM)【2008】 战略任务——系统测定	适应海洋观测连续性的要求；将其作为向业务转化的一部分进行规划。与 CNES、NOAA 及 EUMETSAT 的合作任务
荣誉【2008】 战略任务——开始进行系统测定	解决美国气候变化科学计划中的优先权很高的目标问题。观测全球浮质及液体云层的性质及太阳辐射。受 2001 年总统气候变化研究倡议的委托
轨道碳观测 (OCO)【2008】 竞争性任务——地球系统科学探索	发展过程基本完成。首次对空间的 CO <sub>2</sub> 进行测量；小型的地球科学卫星
水瓶座【2009】 竞争性任务——地球系统科学探索	处于发展的高级阶段。首次对空间的海平面盐度进行全球测量；小型的地球科学卫星。与阿根廷的合作任务
全球降雨量测量 (GPM)【2012】 战略目标——开始进行系统测定	受 2005 年调查委员会中期报告的推荐；把空间覆盖面向全球扩展，并根据星座每三个小时测定一次暂时的覆盖面积
地球系统科学探索 (ESSP)【2014】——TBD 竞争性任务	能够解决下面述及的未来具有代表性的使命；利用 2007 年调查确定工作的重点和相对的优先次序；对于 2014 年的发射来说，申请不得早于 2008 年
未来具有代表性的任务要素（未被优化） 地球上冰层的变化 全球海洋碳、生态系统及海岸过程 全球土壤湿度 全球风力观测 多光谱大气成分 海洋表面及陆地水平面 植被三维结构、生物数量及各种气候条件下测地图像中的扰动带	2007 年调查中有对任务概念的定义和优先权的确定情况。任务概念的研究将很有可能使得这些要素中的一部分变成一个以共同的或者兼容的技术及观测手段为基础的单一任务。最终所确定的任务很可能是战略目标和竞争性目标的综合体。

### 3 俄罗斯 2006—2015 年对地观测卫星计划

前苏联在遥感技术方面一直处于领先地位，1961 年就成功地发射了“东方”号宇宙飞船，实现了第一次在宇宙空间的载人飞行。其后从 1962 年到 1989 年共发射“宇宙”号系列卫星 2 054 颗。70 年代开始将空间技术应用于资源调查、农作物估产等领域。1986 年起新一代“和平”号太空站开始运行，“和平”号轨道站负有大型的称之为“自然”的地球遥感计划的使命，“自然”计划具有典型意义，它的主要目的在于应用和发展地球遥感的方法和手段，以获取高精度、高可信度和高空间分辨力的地球表面数据，用于解决生态和资源问题。

2005 年，俄罗斯联邦航天局公布了 10 年(2006—2015 年)对地观测卫星计划<sup>[7]</sup>。根据这一计划，俄罗斯将研发和制造国家对地观测卫星系统，其主要目标之一是发展和维持气象卫星星座，即保证 3 颗极轨卫星（其中的 1 颗是海洋观测卫星）和 2 颗地球静止轨道卫星的在轨运行。与此同时，俄罗斯还要进行 2 个系列环境卫星的设计和发射。第 1 个系列名为 Kanopus-V，用于探测和监控地震以及遥测大气；第 2 个系列名为资源-P (Resurs-P)，将用于提供详细的地球表面观测。图 1 给出俄罗斯 2006—2015 年对地观测卫星计划路线图。

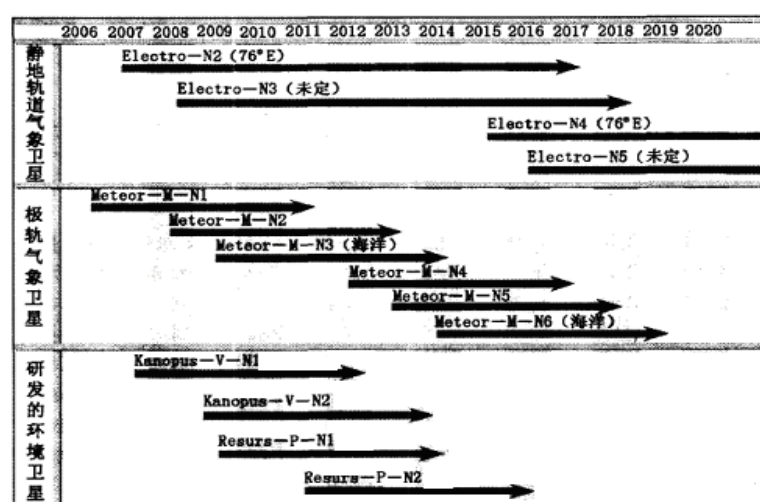


图1 俄罗斯2006—2015年对地观测卫星计划

#### (1) “流星” (Meteor) 系列极轨气象卫星

Meteor-M 系列的第 1 颗卫星用于提供水文气象学和太阳-地球物理学信息。该卫星运行在太阳同步轨道，轨道高度为 830 km，在轨质量为 2 700 kg，有效载荷质量为 1 200 kg，设计寿命为 5 年，数据分发模式为 HRPT/LRPT。Meteor-M 卫星的主要任务与 NOAA/NPOESS 以及 EPS/METOP 类似，包括：大气温度和湿度探测，为数值天气预报 (NWP) 提供支持 (全球和区域覆盖)；对云、陆地和海洋表面成像 (全球和区域覆盖)；对臭氧和其他微量元素进行监测；对海冰和雪覆盖进行监测；提供气候监测；提供太阳-地球物理学信息；数据收集和定位。

为了满足用户的需求（主要是气象和环境监测），未来发射到太阳同步轨道的 Meteor-M 系列卫星将装载必备有效载荷——可见光、红外和微波范围的成像仪以及红外和微波大气探测器。

Meteor-M 卫星上的多通道微波成像仪/探测器 MTVZA 和先进红外探测器 IRFS-2，用于提供大气温度和湿度的三维遥感图像。MTVZA 是多通道微波圆锥扫描辐射计，其主要测量任务类似于 NOAA 的先进微波探测器 (AMSU) 仪器，用于提供全球和区域覆盖的全天候大气温度和湿度探测，支持数字天气预报。MTVZA 由俄罗斯联邦航天局的航天观测中心设计和制造，综合了时间和空间的多谱段和极化测量技术。IRFS-2 是多用途傅立叶转换分光计，其运行光谱范围为 5~15 μm。在研制该仪器的同时，俄罗斯考虑在卫星上装载名为 Radiomet 的辅助探测仪器，它基于无线电掩星原理，其显著的优势是费用低，质量小，计划装载在

Meteor-M-N2卫星上。

### (2) 西奇-1M (Sich-1M) 海洋卫星

Sich-1M卫星由俄罗斯和乌克兰共同研制,是海洋-01 (Ocean-01) 系列卫星的改进型。它运行在650 km 高的太阳同步轨道。俄罗斯联邦水文气象和环境监测局 (Roshydromet) 为Sich-1M 的运营商之一,负责数据获取、处理和分发,其最重要的任务是对侧视雷达RLSBO和微波成像仪/探测器MTVZA-OK获得的基础测量数据进行处理和利用。

### (3) 监视器-E1 (Monitor—E1) 卫星

Monitor-E1卫星。Monitor-E1卫星质量为750 kg,装有2台分辨率各为8 m 和20 m相机,并各自与200 Gbyte的存储装置相连,能大量存储测量数据并将其传回地面,为自然资源利用、环境污染和紧急情况监控等提供服务。该卫星在2005年8月26日发射,运行在约540 km 高的太阳同步圆轨道上,轨道倾角为97.5。原设计寿命为5年。但2005年10月19日,俄罗斯联邦航天局称该卫星已失去控制。Monitor-E1卫星能在可见光频段提供高空间分辨率的地球观测数据,原计划用于整个地区的环境和陆地监测。

### (4) 资源-DK1 (Resurs-DK1) 环境卫星

Resurs-DK1由俄罗斯联邦航天局研制,在可见光频段提供地球表面局部地区的详细观测。卫星将运行在350~600 km 高的近圆轨道,轨道倾角为65。其设计寿命大于3年。卫星安装了新的全色和多通道光电成像仪,其全色模式的光谱波段为0.58~0.8  $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为1m;多通道模式的光谱波段为0.5~0.6  $\mu\text{m}$ 、0.6~0.7  $\mu\text{m}$ 和0.7~0.8  $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为2~3 m;刈幅为28.3 km。

## 4 日本至 2025 航空航天发展蓝图

日本在地球观测方面一直处于积极状态。它有世界上最先进的海洋观测设备,能够获得高质量的观测数据。自1983年发射第一颗海洋观测卫星MOS-1号之后,日本的卫星遥感观测技术就开始跻身于世界领先地位。除此之外,日本在地面观测、冰雪观测以及利用航天飞机与飞船进行大气观测等方面也处于领先地位。

日本在其“开创新世纪空间时代”的空间发射计划中,把建造“全球对地观测系统”放在重要地位,制订了一项长远的(1992—2010年)地球观测卫星的计划,一共要研制和发射18颗太阳同步轨道和地球同步轨道的对地观测卫星,观测内容遍及陆地、海洋、大气和生物圈。

日本政府在文部科学省设立了“地球观测国际战略研讨会”,以此推进其在对地观测的国际计划。该计划主要是通过调整卫星观测系统、海洋观测系统、陆地观测系统与极地观测系统,建立最有效的全球观测系统,用最适当的方法交换获得大量数据,以适应各种研究与应用需求(如地球变暖、水问题以及自然灾害)。其主要内容包括:①全球海洋实时观测网(Argo)计划;②特里顿浮标计划;③北极浮标计划(J-CAD);④“未来号”海洋地球研究船的南半球航行观测研究(BEAGLE2000);⑤地球模拟器计划;⑥热带降雨观测卫星(TRMM);⑦先进陆地观测卫星(ALOS);⑧温室气体观测卫星(GoSat);⑨全球降雨测量卫星(GMP);⑩海洋科学技术中心的调查船。

### 4.1 《JAXA 2025》

2005年3月31日,日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)推出了2005—2025年航空航天新构想——《JAXA 2025》<sup>[8]</sup>。这是一个具有前瞻性的民用航空航天规划。日本从2005年开始每年要在航空航天开发方面花费25~28亿美元。

JAXA在新构想中制定了跨越20年的航天发展路线图。该路线图分为2个阶段,JAXA会在每个阶段选择优先执行的任务,并且把精力和资源集中在这些任务上。(1)前10年:



集中精力推动航天技术在社会上的广泛应用，致力于建立安全和繁荣的社会；开展具有创新性的航天应用，其中包括未来载人航天活动和利用月球。（2）后 10 年：JAXA 将进一步促进航天技术在社会中的广泛应用，提出创新的航天应用。

《JAXA2025》确定了下面 4 个基本目标。

#### 4.1.1 为实现安全、富裕的社会而努力

##### （1）灾害、危机情况管理用信息收集通报系统

该系统利用对地观测卫星、通信卫星和定位卫星等在轨卫星收集动态变化的国土空间信息，并将这些信息集中到综合信息中心，与所预测到的危机信息对照，以适当（准确）的动态方式发出警报信息。

##### （2）观测和预测一体化的地球环境监视系统

该系统把对地观测卫星所获取的二氧化碳浓度和降水等地球环境变化的重要参数遥感数据与在地面和海面等现场观测到的数据融为一体，组成分析地球环境所必需的数据集。再把这种数据信号同预测系统结合起来，提供决策所必不可少的信息（情报）

#### 4.1.2 知识创新和扩大活动领域

##### （1）宇宙观测和太阳系探测

最近几年，日本通过 X 线天文观测卫星“天文”E2、红外天文观测卫星“天文”F 和太阳观测卫星“太阳”B，在天文学、红外天文学和太阳科学等领域走在了世界前列，而且发射了采用电推进技术的小行星探测器隼鸟号。此外，日本还计划发射月球探测卫星“月女神”（SELENE）和“月球”A。还将发射金星探测器“行星”C，执行探测金星上不可思议的“气象”这一特殊任务，与欧洲全面合作研制并发射“贝皮·科伦布”水星探测器，完成水星探测任务。

今后 10 年要完成在轨道上部署全谱段望远镜的任务，利用各种方法对银河和黑洞进行观测，探测宇宙的演变过程，弄清宇宙的结构和整个历史，同时解开未知的暗物质之谜。此外，还要直接对太阳系以外的大型行星进行观测。为此选择在近地圆轨道和重力环境、热环境都最为理想的拉格朗日点放置具有国际领先水平、可执行宇宙观测的轨道望远镜。

##### （2）月球探测和利用

1998 年，日本就制定了绕月卫星“月女神”计划，目的是要完成对月面进行详细观测的任务。通过月球探测，不仅可以强化产业界的技术力量，同时还有可能扩大下一代新的航天应用和发展领域。20 年以后，估计会实现在轨建造长期有人驻留的国际月球基地的计划。为此，日本必须开展建立月球基地的技术开发工作，包括可大规模地利用生命保障技术和利用太阳能发电的技术以及无线电传输技术。

#### 4.1.3 确立自主开展空间活动的能力

##### （1）空间运输系统

日本通过研制和发射 H-2A 火箭掌握了具有世界水平的火箭技术。今后将通过成功地发射这种骨干火箭，不断积累经验，掌握独自开发的技术，使这一技术得到发展，从而拥有在世界上可靠性最高、竞争力最强的火箭。日本开展了向国际空间站运送部分补给物资用的可执行运输任务的新型航天器——空间站转移飞行器（HTV）的研制。此外，还进行了以掌握从太空回收物资技术为目的的小型实验飞行器的研发工作，目的是掌握在轨回收技术。最终目标是实现可从地面向近地轨道发射并自主返回的可重复使用载人运输航天器。从长期的观点考虑，有计划地发展这种可重复使用载人运输系统是可以实现的。

完成空间运输系统应用后，要争取向可往返飞行、高效可重复飞行的方面转换，瞄准高可靠性、能大幅度降低开发成本的空间运输技术的创新工作。

##### （2）载人航天活动

国际空间站计划为日本积累了初步的真正的载人航天活动技术。通过日本实验舱（JEM）



的开发以及与载人航天先进国家的合作，积累了符合国际标准的载人航天技术。

目前正在研制 H-2A 火箭的升级型 H-2B，准备在 2008 年把向国际空间站补充物资用的 HTV 发射升空。通过研制和应用 HTV，可获得将来开展航天活动所必需的技术，如运输系统的自主飞行、交会和再入等技术。进一步，还可通过在开发 JEM 和实验装置的过程中所掌握的技术，来开发大规模、生命科学实验用的精密实验设施，掌握大型旋转体控制和生物灾害隔离等高技术。

20 年内，要以确立可独自载人在太空驻留、活动的技术为目标，利用人和机器人的协作，开发并采用循环式的环境控制、生命保障、高效能源系统和柔性轻型的空间结构等，降低航天员在太空活动所必需的水、空气、电力和物资等资源的耗量和补给量，获得高精度、安全、高效和高水平地开展载人航天活动的技术。

#### 4.1.4 发展航天产业

日本的航天产业分三部分：制造火箭、航天飞机和卫星等飞行器以及地面设施等的产业称为航天仪器产业；提供航天应用服务的卫星通信和广播等航天基础设施的产业称为航天应用服务产业；制造 GPS 定位和卫星移动电话等与国计民生相关的产业称为航天民生仪器产业。JAXA 与产业界和行政机构合作，根据日本航天仪器产业在国际上所具有的竞争能力，以维持和扩大航天仪器产业活动为目标，在以下 5 个方面综合推进航天产业的发展。

(1) 为了实现航天仪器产业和航天应用服务产业的结合，重点强化对实际应用有直接贡献的骨干技术的研究开发工作和技术验证工作。

(2) 为发掘行政需求和解决课题的系统方案，推进在研究开发和系统实用化方面的官民合作。

(3) 想方设法缩短研究开发周期和实现 IT 化，目的是迅速实现系统实用化。

(4) 推进以开发新型产业为目标，支持按新的构思开拓太空应用领域的产、学、官（产业界、高校和政府）的合作方针，扩大航天应用服务产业。

(5) 增加承担航天开发项目的企业，扩大航天仪器产业规模。

#### 4.2 日本和平利用太空的航天政策发生改变

日本航天政策对太空的军事用途有着严格的限制，禁止开发一切用于侵略和军用的航天器。如果自卫队需要使用卫星，也必须限定在民用的技术水平上。但是，这种状况已经开始改变。

1998 年 11 月，日本决定发展独立的侦察（间谍）卫星系统。1999 年 4 月 1 日，专门设立了卫星信息搜集委员会，以研究研制和使用侦察卫星带来的相关问题。2001 年 4 月 2 日，日本又成立了侦察卫星办公室，以推进日本的侦察卫星计划。2003 年 3 月，日本把两颗侦察卫星送上太空，分辨率为 1 米，从而向建立自己的卫星情报系统迈出了一大步。

2005 年 12 月中旬，由前防卫厅长官石破茂担任主席的关于日本安全保障的宇宙利用研讨会召开，决意将日本的航天政策朝着“非侵略即可利用”的方向调整，借此提高情报搜集卫星的标准，放宽防卫厅使用卫星的限制。这标志着日本和平宇宙开发政策的转变。这一转变与日本不断在军事大国的道路上迈进有关。日本政府决定从 2005 年度开始研究第四代间谍卫星，内阁官房用于情报收集卫星的经费为 997.31 亿日元，目的是使间谍卫星小型化，进一步提高机动性，对地面进行拍摄时在有限的最佳摄影瞬间拍摄更多的图像。2003 年 3 月发射的间谍卫星重约 2 吨，第四代间谍卫星的材料更轻，太阳能电池板效率更高，外形显得更加小巧。日本 2006 年度预定发射与现在的间谍卫星功能相同的第二代间谍卫星，2009 年度预定发射第三代间谍卫星。第三代间谍卫星可以识别地面直径 50 厘米大小的物体，第四代间谍卫星同样具有这种识别能力，但可以辨别停飞的战斗机是否搭载有导弹，出入基地的车辆属于什么种类。在太空情报系统方面，日本在地面物体分辨率方面直逼美国。可以预言，第四代间谍卫星上天之后，在太空情报方面，日本不会再依靠美国。

日本决定花 2000 亿日元开发自己的“准天顶”卫星导航定位系统。因为日本海上保安厅经过一年的调查研究发现，美国在军事、经济和交通等领域广泛应用的全球定位系统误差大，所以日本才决定开发自己的定位系统。“准天顶”卫星导航定位系统是一个高精度定位和移动通信的中心指挥系统，很容易转为军用。

## 5 加拿大：实现健康、安全和繁荣的联邦对地观测战略

加拿大空间署(CSA) 1989 年成立以来一直致力于最大程度地让所有加拿大人了解空间科学技术并从中受益。它的目标是支持和提升一个更具竞争力的空间产业和满足加拿大社会的需求。CSA 是实施加拿大空间计划的领导者，在实施加拿大空间计划的过程中，CSA 与多数的联邦政府部门和机构保持了密切的合作伙伴关系，包括加拿大自然资源部、加拿大遥感中心、加拿大森林局、加拿大联邦渔业和海洋部、加拿大环境部、加拿大气象局、加拿大冰冻局、加拿大农业及农业食品部以及加拿大国防部。

2006 年，CSA 提出了实现加拿大健康、安全和繁荣的联邦对地观测战略<sup>[9]</sup>。该战略旨在提高加拿大人民的安全、健康和福祉；优化加拿大重要经济部门的竞争力；保护环境，使加拿大向实现可持续发展的目标迈进。实现上述目标主要依靠协同、持续对地观测系统产生的实时、高质量的数据、信息和知识，并将这些数据信息融入决策当中。加拿大通过多种方式增加对地观测投资。这个联邦战略的提出是加拿大国家对地观测战略的第一步，也是重要的一步。这将指导加拿大如何与大约 60 个国家和 40 个国际组织在 GEOSS 方面的合作。

加拿大联邦对地观测战略提出非军事用途的对地观测远景和预期目标，将重点放在对加拿大发展有重要影响的九个方面。

- (1) 灾害——减少由于自然和人类活动引起灾害，导致生命和财产的丧失；
- (2) 健康——理解环境因素对人类健康和福祉的影响；
- (3) 能源——改善能源资源管理；
- (4) 气候——理解、评估、预测、减轻和适应气候变化；
- (5) 水——通过更好的理解水循环改进水源管理；
- (6) 天气——提高天气的预报、预测和预警能力；
- (7) 生态系统——改善陆地、沿海和海洋生态系统的管理；
- (8) 农业/林业——使农业和林业可持续发展，防止土地退化；
- (9) 生物多样性——理解、监测和保存生物多样性。

为了实现加拿大联邦对地观测远景，联邦战略将取得以下 4 个方面的预期成果：

(1) 巩固加拿大在世界对地观测应用与信息系统的领导地位，减少灾害对人类健康、安全和设施的危害。

(2) 通过加拿大重要经济部门对地球观测与信息系统的最大化运用，实现最佳的短期和长期经济效益。

(3) 通过对的观测与信息系统的监测、理解，保护与恢复我们的环境。

(4) 引领对地观测与信息系统的管理和应用，与私人、国家和国际伙伴合作实现持续、集成、协调的对地观测系统。

该战略主要通过以下 3 个方面实现加拿大对地观测战略远景：

目标 1：通过联邦行动充分发挥对地观测的优势；

目标 2：实现全民参与的加拿大对地观测战略；

目标 3：支持国际合作：直接加强国际关系和加一美关系。

加拿大在全球对地观测组织中继续发挥重要的作用，这极有助于 GEOSS 的实施，包括财政支持或向全球对地观测组织秘书处派遣专家。战略中特别注意如何有效地增进加拿大与

美国的关系，共同解决北美问题。

## 6 地球观测组织 2007—2009 年工作计划

地球观测组织（GEO）于2007年2月发布了2007—2009年工作计划报告<sup>[10]</sup>，报告指出GEO的新任务要完成以下三个目标：一是合并2006年工作计划中无关联的任务，使相关联的活动更加协调一致；二是确保2年目标的完成，并确保综合全球对地观测系统（GEOSS）十年实施计划中为达到六年与十年目标而开展的各项活动；三是为新思想补充与精炼现有的任务以及新组织、团体加入GEO并为GEOSS实施做出贡献提供机遇。

2007—2009年工作计划共为72项，其中40项为2006年工作计划的继续进行，另外提出了32项新的任务。这些任务分配在9个社会效益领域（societal benefit area）以及4个交叉学科领域。

（1）灾难：减少由自然和人为因素引起的灾难所造成的生命与财产损失

持续任务：地震观测网络的改进与协调；干涉雷达技术（InSAR）的集成；全球范围内海啸早期预警系统的实施；复合灾害的区划与制图；复合灾害防救的定义与实施进展；利用卫星进行风险管理；全球范围内火警系统的实施。

新任务：洪灾的风险管理。

（2）健康：理解影响人类健康与福祉的环境因素

持续任务：健康危害的预报。

新任务：加强健康的观测与信息系统；环境与健康的监测与模拟；综合大气污染监测、模拟及预测。

（3）能源：改进能源管理

持续任务：新观测系统在能源方面的应用。

新任务：能源管理；能源环境影响监测；能源政策规划。

（4）气候：理解、评估、预测、减轻及适应气候变率与变化

持续任务：连续气候数据的重建与再分析成果；从卫星系统中获得关键气候数据；对气候的主要陆地观测；GEOSS 对国际极地年（IPY）做出贡献；全球海洋观测系统。

新任务：天气与气候的连续预报系统。

（5）水：更好地理解水循环，改进水资源管理

持续任务：干旱预测模型与水资源管理；水循环现场监测；水资源管理的能力建设项目。

新任务：全球水质监测；卫星水质测量并与现场观测资料相结合。

（6）天气：改进天气信息与预警

持续任务：基于地表的全球天气观测系统；基于空间的全球天气观测系统；观测系统研究与可预报性试验（THORPEX）、交互式全球大集合预报（TIGGE）；数值天气预测能力建设。

新任务：为了业务使用，进行数据同化；2008年北京奥运会天气预报示范项目。

（7）生态系统：改进陆地、海岸和海洋资源的管理与保护

持续任务：综合全球碳观测（IGCO）；生态系统分类；生态系统区域性网络。

新任务：全球生态系统观测与监测网络。

（8）农业：支持可持续农业，防治沙漠化

持续任务：GEOSS 农业战略规划；水产养殖业中数据的应用；森林制图与变化监测；农学训练模块。

新任务：改进对生物群体的测量；农业风险管理；农业监测系统的运行。

（9）生物多样性：理解、监测并保护生物多样性

持续任务：地球观测中生物多样性需求；历史生物多样性数据的获取。

新任务：生物多样性观测与监测系统；外来入侵物种监测系统。

#### (10) 用户使用成效

持续任务：确定地球观测的优先领域并与社会效益领域的任务达成一致；开展试点社区的实践，确定用户的需求。

新任务：临界预报和预测用户的应用情况；千年发展目标；环境风险管理。

#### (11) 架构

持续任务：无线电频率保护。

新任务：GEOSS 的互通性布局；GEOSS 信息系统界面的实施；全球大地测量地心坐标参考框架；GEOSS 组成职责。

#### (12) 数据管理

持续任务：GEOSS 数据共享原则；GEOSS 质量保证战略；集成技术的预测验证；数据、元数据与产品的发展、效用及协调；形成基础地理数据的指导文件；GEOSS 最佳实践注册。

新任务：数字地形模型 (DEM) 的互通性；全球土地覆盖；虚拟星座；现场观测网络引导的传感信息网实施；高级别数据产品工具；数据综合与分析系统。

#### (13) 能力建设

持续任务：GEO 卫星传播系统 (GEONETCast)。

新任务：能力建设战略实施。

## 7 欧空局：针对《生命行星计划》的新科学战略

欧空局 (ESA) 在过去近 30 年来，集中资源，共同工作，开创了欧洲国家进行空间探索和发展先进技术的新途径。对地观测是一个十分重要的领域，是欧洲优先选择的发展领域，因此发展比较快，处于世界领先地位，并已率先步入商业化初期阶段，如法国 SPOT 卫星图像在目前的世界商业卫星图像市场上居领先地位。

2003 年在华盛顿召开的第一次对地观测峰会上，欧空局正式宣布其 GMES 计划，即全球环境与安全监测计划。该计划将建立一个具有高中低分辨率的对地观测卫星系统和伽利略全球卫星导航定位系统，为欧盟 18 个国家的环境（包括生态环境、人居环境、交通环境等）和安全（包括国家安全、生态安全、交通安全等）提供实时服务。

2006 年 10 月，ESA 发布了一个新的科学战略以指导其“生命行星计划” (Living Planet Programme) 的发展，以期致力于研究地球系统以及人类活动对地球系统产生的影响。在《不断变化的地球：欧空局“生命行星计划”面临新的科学挑战》报告中提出实现以下几个远大目标<sup>[1]</sup>：

(1) 稳步发起一系列连续的任务（卫星）致力于对地球系统科学几个重要的问题进行观测和研究；

(2) 建立一个基础的交流平台，使得卫星数据能够快速、有效地在研究领域和应用领域得到传递和使用；

(3) 提升全球“地球观测”任务的能力，结合其他机构的卫星数据对欧空局的观测系统进行补充；

(4) 提供一个有效的而且成本上可行的业务运行流程，使得一些尖端科学能够被快速转化用于空间任务；

(5) 支持对于仪器使用的创新发展，利用空间数据增加科学和技术力量；

(6) 针对地球系统科学的地球观测数据的应用，对公众、决策者和科学家进行系统培训，以确保对欧洲科学和技术优势不断的补充；

(7) 执行科学研究、技术发展和活动的战略规划，确保科学的完全评估，提供解译卫

星信息内容需要的关键工具。

在“生命行星计划”框架下，由欧空局和欧洲气象卫星组织联合发起的 MetOp 任务，2006 年 10 月份 MetOp 卫星发射后成为欧洲第一颗绕极地轨道运行的气象卫星。

## 8 结语

从以上若干国家和机构最近的空间和对地观测发展战略和计划可以看出，当前空间技术仍然以针对地球系统科学研究为主流，空间大国美国、日本等国家的空间科技依然处于主导地位，其雄心勃勃的空间和对地观测计划显示其志在保持其至尊地位，但从近期的空间发展竞赛看，其地位正面临俄罗斯、中国、印度等国的挑战。

在地球系统科学概念的指导下，全球变化问题研究变得日益重要，从 20 世纪 90 年代开始一些空间和对地观测大国都相继制定了一系列大型对地观测计划<sup>[3]</sup>，如 EOS 计划、ESE 计划、伽利略计划等，其目标是发展对地观测技术，建立全球对地观测系统，为开展地球科学研究提供全球范围内的以卫星遥感数据为核心的观测数据，从而实现从空间观测地球到预测地球环境及气候变化的转变。

从以上战略规划以及近期空间技术的发展可以得到以下几点认识：

(1) 国际空间科学技术进入新一轮的竞争竞赛格局：美国的 GPS、欧洲的伽利略计划、俄罗斯的 Glonass 系统，中国的北斗星导航系统，印度、日本也已宣布发展自己的定位系统。在对月球的探测上已多个国家宣布了登月计划。

(2) 针对综合全球对地观测系统（GEOSS）的空间发展政策：四次国际对地观测峰会的召开以及综合全球对地观测系统十年实施战略的通过，显示未来若干年国际上空间技术发展的一个重要方向。围绕 GEOSS 的发展，各国也都制定相应的发展计划。

(3) 美国 NASA 的十年科学计划中的对地观测战略方向与其地球观测系统（EOS）、地球科学事业（ESE）一脉相承，主旨是利用空间技术对地球系统进行观测和研究。

(4) 俄罗斯极欲恢复其空间大国的地位，发展中国家，如中国、印度和巴西等在空间技术方面正在成为一支不可小觑的力量，未来的几十年中将有大的发展，空间技术发展的格局有望发生重大改变。

(5) 日本空间发展政策发生重大调整：在空间技术服务与民用的同时，在积极朝着用于政治和军事目的的方向发展，如投入巨资研制第四代间谍卫星以及发展准天顶卫星导航定位系统。

## 参考文献

- [1] 郭华东.遥感新进展与发展战略[Z].中国科学院遥感应应用研究所,2004.  
<http://www2.gissky.com/Rs/ShowArticle.asp?SID=52&ID=274>.
- [2] Virginia Gewin. Mapping opportunities.Nature, 2004, 427 (6972) : 376-377.
- [3] 高峰, 冯筠, 侯春梅, 等. 世界主要国家对地观测技术发展策略[J].遥感技术与应用, 2006, 21 (6): 565-576.
- [4] 冯筠, 高峰, 黄新宇 构建天地一体化的全球对地观测系统——三次国际地球观测峰会与GEOSS[J].地球科学进展, 2005年, 20 (12): 1327-1333.
- [5] Development of the U.S. Integrated Earth Observation System: Progress and Recommendations for the Way Forward. March 2007. <http://usgeo.gov/docs/USGEO%20Progress%20Report%202007-0321.pdf>.
- [6] Science Plan For NASA's Science Mission Directorate  
2007–2016.[http://science.hq.nasa.gov/strategy/Science\\_Plan\\_07.pdf](http://science.hq.nasa.gov/strategy/Science_Plan_07.pdf).
- [7] 夏光.俄罗斯对地观测卫星现状和未来发展.国际太空[J], 2006 (7): 13-18.
- [8] JAXA2025/JAXA Vision.[http://www.jaxa.jp/about/2025/pdf/jaxa\\_vision\\_e.pdf](http://www.jaxa.jp/about/2025/pdf/jaxa_vision_e.pdf).

- [9] Earth Observation for A Healthy, Safe and Prosperous Canada  
——Towards a Federal Earth Observation Strategy.  
[http://cgeo-gcot.gc.ca/documents/pdf\\_docs/FEOS\\_EN\\_26052006.pdf](http://cgeo-gcot.gc.ca/documents/pdf_docs/FEOS_EN_26052006.pdf).
- [10] GEO 2007-2009 Work Plan Toward Convergence  
[http://www.earthobservations.org/docs/GEO\\_2007-2009\\_Work\\_Plan.v3.pdf](http://www.earthobservations.org/docs/GEO_2007-2009_Work_Plan.v3.pdf).
- [11] The Changing Earth: New Scientific Challenges for ESA's Living Planet Programme,  
SP-1304.[http://www.esa.int/esaLP/SEM84CVHESE\\_index\\_1.html](http://www.esa.int/esaLP/SEM84CVHESE_index_1.html)

## The New Trends of Development Strategy on Space and Earth Observation Technology of the Main Countries

GAO Feng    AN Pei-jun

(The Lanzhou Branch of the National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China ; Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The recent development strategies and plans on space and earth observation technology of some countries such as the U.S, Russia, Japan and Canada, and GEO and ESA are introduced briefly. The plans or reports are as follows: Development of the U.S. Integrated Earth Observation System: Progress and Recommendations for the Way Forward, Science Plan For NASA's Science Mission Directorate 2007-2016, the Earth Observation Satellite Plan 2006- 2015 in Russia, JAXA 2025, Earth Observation for A Healthy, Safe and Prosperous Canada——Towards a Federal Earth Observation Strategy., GEO 2007-2009 Work Plan Toward Convergence, The Changing Earth: New Scientific Challenges for ESA's Living Planet Programme. The characteristics of space and Earth observation technology in the world are analyzed according to the reports.

**Key words:** Space technology, Earth observation, Satellite, Plan